
Catasto, caratteristiche e dinamica dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi

Cristian Scapozza¹ e Stefano Mari²

¹ Istituto di geografia, Università di Losanna (IGUL), Dorigny – Anthropole, CH – 1015 Losanna

² Dipartimento di geoscienze, Università di Friburgo, Chemin du Musée 4, CH – 1700 Friburgo
(*cristian.scapozza@unil.ch, stefano.mari@unifr.ch*)

Riassunto: Nelle Alpi Ticinesi, l'analisi dei documenti cartografici e fotografici e il lavoro di terreno hanno permesso di censire 203 rock glaciers, di cui 56 sono stati considerati attivi, 35 inattivi e 112 relitti. A scala regionale, i rock glaciers sono ripartiti assai uniformemente tra le Alpi Ticinesi occidentali e orientali. Una differenza importante è presente per quanto concerne la velocità dei rock glaciers, determinata sulla base dell'analisi di immagini di interferometria radar da satellite (InSAR). I rock glaciers attivi delle Alpi Ticinesi occidentali, mediamente, si muovono in maniera più rapida rispetto a quelli delle Alpi Ticinesi orientali. Questo potrebbe essere dovuto, da una parte, al maggior influsso glaciale dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi occidentali, d'altra parte, a una differenza nelle precipitazioni medie annuali. I rock glaciers attivi/inattivi hanno permesso di determinare un modello della ripartizione potenziale del permafrost discontinuo a scala regionale. Questo modello è stato confrontato con altre regioni delle Alpi svizzere per determinare le specificità morfoclimatiche delle Alpi Ticinesi. I rock glaciers relitti sono stati suddivisi in due generazioni di forme (RG II e RG III), situate rispettivamente a un'altitudine di 300 e 550 m inferiore rispetto ai rock glaciers attivi/inattivi (RG I). Questa differenza di altitudine ha permesso di attribuire la generazione RG II al Dryas recente, mentre la generazione RG III è stata attribuita alla fine del Dryas antico e all'interstadio del Bølling.

Inventory, characteristics and dynamic of the rock glaciers of the Ticino Alps

Abstract: In the Ticino Alps, analysis of maps and aerial photos and field work allowed us to inventory 203 rock glaciers, of which 56 have been considered active, 35 inactive and 112 relict. At the regional scale, there is no difference in the distribution of rock glaciers between the western and the eastern Ticino Alps. An important difference concerns the velocity of rock glaciers, determined on the base of the analysis of space-borne synthetic aperture radar interferometry (InSAR). The rock glaciers of the western Ticino Alps move more rapidly than the rock glaciers of the eastern Ticino Alps. This difference can be attributed, on one hand, to the more important glacial influence on the rock glaciers of the western Ticino Alps, on the other hand, to a difference in mean annual precipitations. Active/inactive rock glaciers allowed us to determine a regional model of discontinuous permafrost potential distribution. This model was compared with models issued of other regions of the Swiss Alps; the main goal was to determine the morphoclimatic specificities of the Ticino Alps. Relict rock glaciers have been divided in two generations (generations RG II and RG III), situated respectively 300 and 550 m below the active/inactive rock glaciers (generation RG I). This difference in altitude allowed us to attribute the generation RG II to the Younger Dryas, and the generation RG III to the end of the Oldest Dryas and the beginnings of the Bølling interstadial.

Key words: rock glaciers velocities and ages, permafrost distribution, Swiss Alps, InSAR, GIS modelling

INTRODUZIONE

Nelle Alpi Ticinesi, gli studi inerenti alla ripartizione del permafrost e alle caratteristiche dei rock glaciers, salvo alcuni casi sporadici (per esempio, ZELLER 1964, BINGGELI 1965), sono relativamente recenti. Da un punto di vista spaziale, queste ricerche si sono limitate fino a oggi solo ad alcune aree, in particolare la regione del Basòdino–Cristallina, la Val Bedretto e la Valle di

Blenio (per esempio, STEENS 2003, VALENTI 2006, SCAPOZZA 2008). Nonostante gli importanti sviluppi recenti nello studio degli ambienti periglaciali delle Alpi Ticinesi, dove negli ultimi anni si sono moltiplicate le descrizioni di rock glaciers (per esempio, SCAPOZZA & REYNARD 2007, SCAPOZZA *et al.* 2008a–b), le misure geofisiche volte alla cartografia dell'estensione e delle caratteristiche del permafrost (per esempio, SCAPOZZA *et al.* 2008c, SCAPOZZA 2009), e lo studio della dinami-

ca dei rock glaciers (per esempio, MARI *et al.* 2009, RAMELLI *et al.* 2009), nessuna sintesi cantonale è mai stata pubblicata.

In questo contesto, un catasto dei rock glaciers dell'insieme delle Alpi Ticinesi potrebbe rivelarsi uno strumento utile come base di lavoro per allargare lo studio degli ambienti periglaciali all'insieme della superficie cantonale (MARI, in prep.), al fine di avere una visione globale dell'evoluzione della criosfera di fronte ai cambiamenti climatici anche per il Sud delle Alpi svizzere.

In questo articolo, sono presentati i risultati del primo inventario sistematico dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi, che viene a completare l'inventario relativo alle Alpi Bleniesi di SCAPOZZA & FONTANA (2009), pubblicato nel volume 10 delle Memorie della Società ticinese di Scienze naturali e del Museo cantonale di storia naturale, che è stato il primo inventario regionale di questo tipo in Cantone Ticino. Per questo motivo, per quel che concerne i concetti di base di geomorfologia periglaciale e per le referenze principali in questo campo, faremo spesso riferimento a questa pubblicazione.

Il catasto dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi si basa in buona parte su un inventario dei movimenti di terreno in zona periglaciale redatto utilizzando l'interferometria radar da satellite (*Space-borne synthetic aperture Radar Interferometry* – InSAR, vedi STROZZI & VALENTI 2006, 2007), che sarà trattato in una pubblicazione specifica (MARI *et al.* 2010).

Contesto geomorfologico

La regione coperta da questo catasto dei rock glaciers comprende la parte ticinese e mesolcinese delle Alpi Lepontine, vale a dire, da un punto di vista orografico, la parte ticinese e limitrofa delle Alpi Ticinesi e del Verbano, delle Alpi del Monte Leone e del San Gottardo e delle Alpi dell'Adula (MARAZZI 2005). Per semplificare questa classificazione, ci limiteremo a suddividere la zona studiata in Alpi Ticinesi occidentali e orientali, separate dal corso del fiume Ticino a partire da Airole.

Dato che le vette delle Alpi Ticinesi superano raramente i 3000 m slm (le cime principali delle Alpi Ticinesi occidentali e orientali sono, rispettivamente, il Basòdino [3273 m slm] e l'Adula [3402 m slm]), e che l'altitudine attuale della linea di equilibrio dei ghiacciai si situa verso 2800–3000 m slm (MAISCH *et al.* 2000), il glacialismo è assai limitato, con i ghiacciai principali che si trovano nella catena Basòdino–Cristallina, nella catena Medelser–Terri e nel gruppo dell'Adula (cf. RIVA 2006, VALEGGIA *et al.* 2006).

Per il fatto che le potenziali zone di permafrost si possono trovare già a partire da 2300–2500 m slm (SCAPOZZA & REYNARD 2007), le montagne delle Alpi Ticinesi dovrebbero essere più favorevoli ai rock glaciers che non ai ghiacciai. Questa differenza è particolarmente evidente per le Alpi Bleniesi, dove si contano 77 rock glaciers (dei quali 30 sono stati considerati come attivi/inattivi, e quindi contenenti del ghiaccio), contro solamente 17 ghiacciai (SCAPOZZA & FONTANA 2009).

MATERIALI E METODI

Interferometria radar da satellite (InSAR)

La tecnica dell'interferometria radar da satellite (InSAR) consiste nella combinazione di due immagini radar da satellite acquisite da configurazioni orbitali leggermente diverse e a momenti diversi, al fine di analizzare la differenza di fase interferometrica dei due segnali (ROSEN *et al.* 2000). Nel nostro studio, le differenze di fase interferometrica sono state determinate per degli intervalli variabili da un giorno a quattro anni, per il periodo tra il 1994 e il 2007. La fase interferometrica è sensibile ai cambiamenti di topografia e quindi agli spostamenti avvenuti durante l'intervallo di tempo tra le due acquisizioni. Con la tecnica InSAR, è quindi possibile ottenere una cartografia delle zone in movimento grazie a modelli numerici di terreno, che permettono di stimare il contributo di fase dovuto alla topografia (STROZZI *et al.* 2001).

Per questo studio, sono stati utilizzati dati provenienti dai satelliti ERS-1 ed ERS-2 dell'Ente Spaziale Europeo (ESA), e dai satelliti ALOS PALSAR e JERS-1 dell'Agenzia per l'Esplorazione Aerospaziale Giapponese (JAXA). Il trattamento dei dati e la preparazione delle immagini InSAR utilizzate è stata eseguita da Tazio Strozzi, di Gamma Remote Sensing. Per maggiori informazioni sulla tecnica dell'InSAR applicata allo studio del permafrost alpino, vedi STROZZI *et al.* (2004) e LAMBIEL *et al.* (2008).

Catasto dei rock glaciers

Un catasto dei rock glaciers permette di censire tutte le forme geomorfologiche di alta montagna che si sono formate per reptazione di un permafrost soprassaturato in ghiaccio (vedi SCAPOZZA & FONTANA 2009). Queste forme comprendono i rock glaciers, i *protalus rampart*, che sono delle forme intermedie tra una falda di detrito e un rock glacier, e le morene di spinta (*push-moraines*), che sono dei sedimenti gelati deformati dall'avanzata di un ghiacciaio parzialmente freddo alla base.

L'elaborazione di un catasto di rock glaciers si basa il più sovente su dei metodi di analisi indiretti, come l'analisi di carte topografiche, foto aeree, ortofoto, pubblicazioni scientifiche e, nel nostro caso, anche di interferogrammi InSAR. A queste informazioni, in taluni casi si aggiungono delle informazioni dirette, tratte dalle descrizioni e dalla cartografia eseguite sul terreno. Per ogni rock glacier sono stati descritti diversi parametri geografici, quali il nome, la localizzazione, le coordinate, l'orientazione e l'altitudine del fronte, e dei parametri geomorfologici, come il grado di attività, la velocità (quando è stato possibile determinarla), il tipo di rock glacier e la sua litologia (tab. 1). I parametri morfometrici come la lunghezza e la superficie del rock glacier sono stati determinati grazie all'integrazione del catasto dei rock glaciers in un Sistema di Informazione Geografico (SIG) (vedi anche SEPPI *et al.* 2005).

Tab. 1 – Parametri descrittivi del catasto dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi.

Parametro	Osservazioni
<i>No., ID e Nome</i>	Il numero e l'identificante (ID) sono stati attribuiti in maniera progressiva secondo le regioni (generalmente le valli) che compongono le Alpi Ticinesi, e questo secondo i tre gradi di attività differenziati. Il nome serve a identificare il rock glacier ed è stato attribuito in base ai toponimi presenti sulla CN 1:25'000 e di norma si riferisce a una località o una cima.
<i>Tipo</i>	Una distinzione è stata fatta in base all'origine dei materiali tra talus rock glacier e debris rock glacier e secondo la forma generale tra tongue-shaped rock glacier e lobate rock glacier (cf. Scapozza & Fontana 2009). Nel catasto sono stati considerati anche i protalus rampart. Gli ice-cored rock glaciers sono delle forme che risultano dalla trasformazione in rock glacier di un ghiacciaio fortemente coperto in detriti rocciosi o di un ghiacciaio nero. La loro origine non è quindi esclusivamente di tipo periglaciale, bensì glaciale.
<i>Attività</i>	Sono stati differenziati i rock glaciers contenenti ghiaccio e in movimento (rock glaciers attivi), quelli contenenti ghiaccio ma non in movimento (rock glaciers inattivi) e quelli attualmente sprovvisti di ghiaccio (rock glaciers relitti).
<i>Velocità InSAR</i>	La velocità è stata determinata sulla base dell'analisi degli interferogrammi InSAR. Una distinzione è fatta per le seguenti classi di velocità: decimetri al mese (dm/m), centimetri al mese (cm/m) e centimetri all'anno (cm/a).
<i>Alt. del fronte (m slm)</i>	È stata misurata alla base del fronte del rock glacier.
<i>Orientazione</i>	L'orientazione è stata determinata in base alla CN 1:25'000. La differenziazione è stata fatta in base alle otto orientazioni principali (N / NE / E / SE / S / SO / O / NO).
<i>Litologia</i>	La litologia è stata determinata a partire da carte geologiche e da osservazioni di terreno.
<i>CN 1:25'000</i>	Indica il numero della Carta Nazionale a scala 1:25'000.
<i>Lunghezza (m) Superficie (ha)</i>	La lunghezza e la superficie del rock glacier sono state determinate grazie all'integrazione del catasto dei rock glaciers in un Sistema di Informazione Geografico (SIG).
<i>Coordinate</i>	Le coordinate sono state prese al centro del rock glacier in base alla CN 1:25'000 e sono espresse nel sistema metrico svizzero.

Per quel che concerne la dinamica dei rock glaciers, grazie all'analisi degli interferogrammi InSAR è stato possibile operare una distinzione tra *rock glaciers attivi* (che contengono ghiaccio e si muovono) e *rock glaciers inattivi/relitti*. I *rock glaciers inattivi* (che contengono ghiaccio, ma non si muovono) sono stati distinti dai *rock glaciers relitti* (che non contengono più ghiaccio) in base all'altitudine, alla situazione topografica, alla morfologia di superficie e alla copertura vegetale (cf. SCAPOZZA & REYNARD 2007, SCAPOZZA & FONTANA 2009).

RISULTATI

Generalità

L'analisi dei documenti cartografici e fotografici e il lavoro di terreno hanno permesso di censire 203 rock glaciers (fig. 1 e appendice), di cui 56 (28%) sono stati considerati attivi (segnali InSAR evidenti), 35 (17%) inattivi e 112 (55%) relitti. Poco meno della metà dei rock glaciers censiti dovrebbe quindi contenere ancora del ghiaccio.

A scala regionale, la distribuzione dei rock glaciers è assai omogenea, con 111 rock glaciers (55%) che si situano nelle Alpi Ticinesi occidentali e 92 rock glaciers (45%) nelle Alpi Ticinesi orientali. Questa omogeneità è confermata anche dalla densità di rock glaciers per chilometro quadrato (rg/km²): nelle Alpi Ticinesi occidentali vi sono 0.09 rg/km², mentre nelle Alpi Ticinesi orientali la densità è di 0.10 rg/km² (per una superficie di studio di 1200, rispettivamente 880 km²).

L'omogeneità non è più presente a scala sub-regionale; i rock glaciers, infatti, si concentrano di preferenza in alcune zone (fig. 1), in particolare la catena tra la Val Lavizzara e la Val Leventina, la catena tra la Val Leventina e la Valle Santa Maria e la parte ticinese del gruppo dell'Adula.

Il glacialismo assai ridotto delle Alpi Ticinesi si riflette anche sull'origine dei materiali che compongono i rock glaciers. In effetti, solo 15 rock glaciers (7%) sono, o sono stati, alimentati da sedimenti sciolti di origine glaciale (*debris rock glaciers* e *ice-cored rock glaciers*), mentre ben 188 rock glaciers (93% – compresi i protalus rampart) sono, o sono stati, alimentati da falde o con i detriti (*talus rock glaciers*). Per quel che concerne la forma generale, vi è una netta predominanza, con 182 forme (90%), dei rock glaciers lobati di versante (*lobate rock glaciers*), mentre solo 3 forme (1.5%) sono dei rock glaciers vallivi (*tongue-shaped rock glaciers*). Gli *ice-cored rock glaciers* (rock glaciers a «cuore di ghiaccio») sono 5 (2.5%) e, tranne il rock glacier della Bocchetta di Furnei (AT-32), si situano tutti nelle Alpi Ticinesi occidentali. Le 13 forme restanti (6%) sono costituite da protalus rampart.

La fig. 2A permette di visualizzare il numero di rock glaciers secondo l'orientazione del versante. I quadranti settentrionali sono i più privilegiati, in particolare il settore N per i rock glaciers attivi e inattivi, e i settori N e NE per i rock glaciers relitti. Questo motivo di ripartizione dipende anche dalla conformazione morfologica generale delle valli ticinesi, che sebbene presentino il

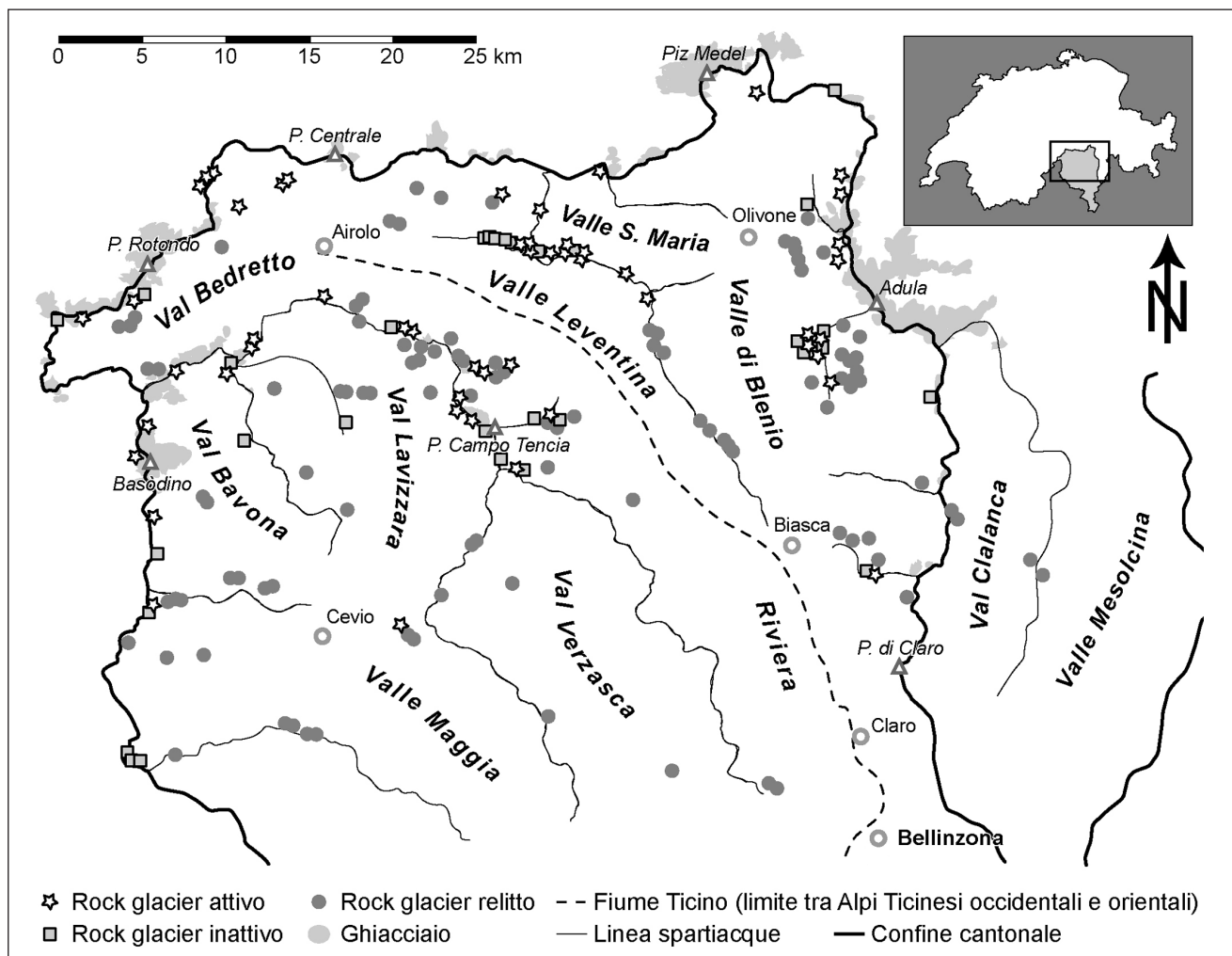


Fig. 1. Distribuzione dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi.

più sovente un profilo N-S o NNO-SSE, sono molto spesso caratterizzate da valli, valloni e circhi glaciali laterali in direzione O-E o E-O.

L'altitudine media è di 2475 m slm per i rock glaciers attivi/inattivi e di 2070 m per i rock glaciers relitti (i rock glaciers attivi e inattivi sono stati raggruppati in una sola categoria dato che la loro altitudine media differisce di poco): la differenza di altitudine è di 405 m. La differenza di altitudine tra i rock glaciers attivi/inattivi e relitti è assai uniforme e, fatta eccezione delle orientazioni SE, S e SO, è compresa tra 300 e 450 m (fig. 2B). Per quanto riguarda le orientazioni SE e S, la differenza è leggermente inferiore alla media, mentre per l'orientazione SO la differenza è assai superiore alla media. Per le orientazioni SE e SO, la differenza è dovuta probabilmente a un campione di rock glaciers limitato; in questo caso, le altitudini sono influenzate da pochi rock glaciers in posizione «anormale».

Per quel che concerne la superficie media, essa è di circa 4.8 ha per i rock glaciers attivi, 3.7 ha per i rock glaciers inattivi e 6.4 ha per i rock glaciers relitti (fig. 2C). Il motivo di ripartizione rispetto all'orientazione del versante è assai omogeneo, con i versanti orientati a N e a

NE che sono privilegiati per lo sviluppo dei rock glaciers attivi e relitti. Per i rock glaciers inattivi, bisogna dire che il campione è troppo piccolo per avere dei valori significativi. È importante precisare che i valori di taglia media dei rock glaciers sono influenzati da alcune forme di taglia superiore a 20 ha, come i rock glaciers di Motta in Cò (RE-52; 57.9 ha!), Sceru I (RE-25; 45.4 ha), Alpe di Cava (RE-37; 29.2 ha), Ganone (RE-57; 28.1 ha) e Quarnei (RE-20; 27.1 ha). È interessante notare come tutti questi rock glaciers siano relitti, ciò che conferma ancora una volta che i rock glaciers relitti sono generalmente più grandi rispetto ai rock glaciers attivi o inattivi. I rock glaciers attivi e inattivi più grandi sono, rispettivamente, quello di Stabbio di Largario (AT-29; 17.3 ha) e quello di Piè I (IN-11; 16.1 ha).

Rock glaciers attivi e inattivi

I rock glaciers attivi e inattivi si ripartiscono uniformemente tra le Alpi Ticinesi occidentali (28 rock glaciers attivi e 19 inattivi) e orientali (28 rock glaciers attivi e 16 inattivi). Una differenza importante è però presente per quel che concerne la loro velocità (fig. 3). I rock gla-

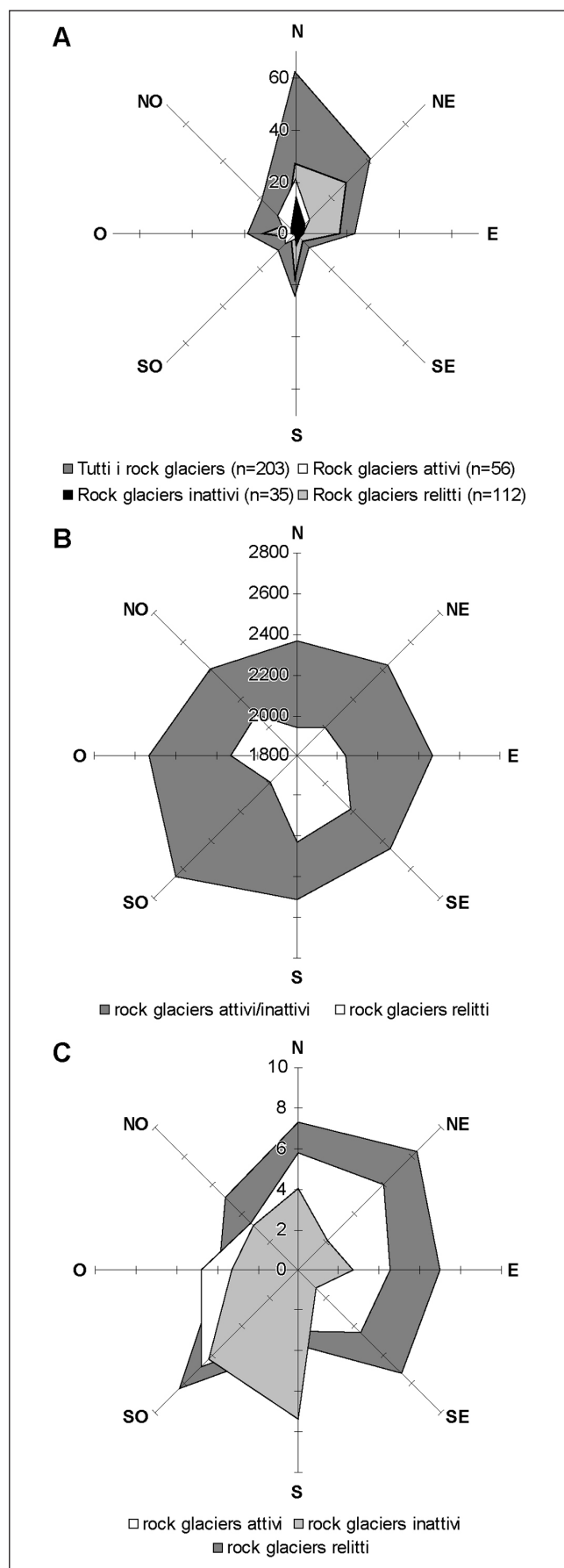


Fig. 2 – Rock glaciers: (A) orientazione, (B) altitudine media (in m slm), (C) superficie media (in ha).

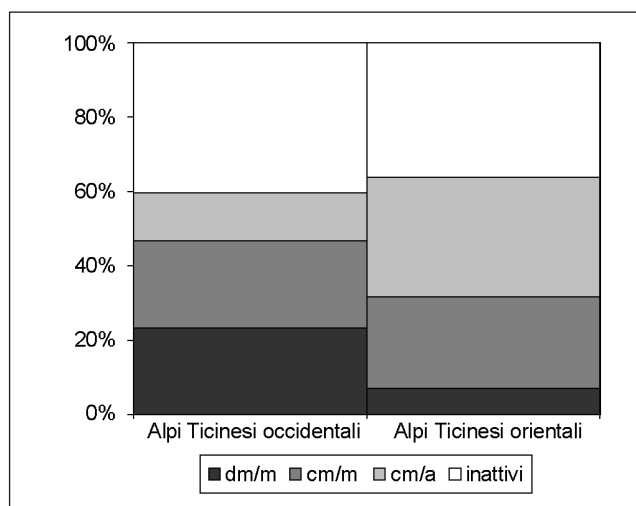


Fig. 3 – Ripartizione dei rock glaciers attivi e inattivi per classe di velocità sulla base dell'analisi degli interferogrammi InSAR.

ciers che si muovono a una velocità di più dm/mese sono molto più abbondanti nelle Alpi Ticinesi occidentali, mentre la maggior parte dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi orientali si muove a delle velocità di solo alcuni cm/anno. Il numero di rock glaciers con una velocità intermedia di qualche cm/mese è invece simile tra le due regioni.

In una regione che beneficia di condizioni morfoclimatiche omogenee, l'altitudine inferiore del fronte dei rock glaciers attivi e inattivi permette di stimare il limite inferiore del permafrost discontinuo (LIP) (vedi HAEGERLI 1985, BARSCH 1996, SCAPOZZA & FONTANA 2009). Per calcolare il limite inferiore dei rock glaciers attivi e inattivi (e quindi il LIP), si è tenuto conto della media dei tre rock glaciers più bassi per ogni orientazione; nei casi dove i tre rock glaciers più bassi erano molto più in basso rispetto al resto dei rock glaciers, il valore del LIP è stato corretto (fig. 4 e tab. 2).

L'altitudine del LIP più alta è quella dell'orientazione SO (2650 m slm), mentre la più bassa è dell'orientazione N (2300 m slm); la differenza massima dovuta alla diversa orientazione dei versanti è quindi di 350 m. Il valore medio dell'altitudine del LIP è di 2450 m slm, ciò che è nell'ordine di misura di altre regioni delle Alpi (per esempio, IMHOF 1996, DELALOYE & MORAND 1998, BARONI *et al.* 2004).

Rock glaciers relitti

Tenendo conto del LIP determinato sulla base dei rock glaciers attivi e inattivi (generazione RG I) e ammettendo che la differenza di altitudine in funzione dell'orientazione dei versanti rimane costante nel tempo, i rock glaciers relitti sono stati separati in due generazioni: RG II e RG III (fig. 5). La differenziazione in generazioni tiene conto di ogni rock glacier relitto, mentre per determinare il LIP corrispondente a ogni generazione si è tenuto conto della media dei tre rock glaciers più bassi.

Fig. 4 – Distribuzione dei rock glaciers attivi e inattivi delle Alpi Ticinesi e definizione del limite inferiore del permafrost discontinuo (LIP) a scala regionale per la fine dell'Olocene.

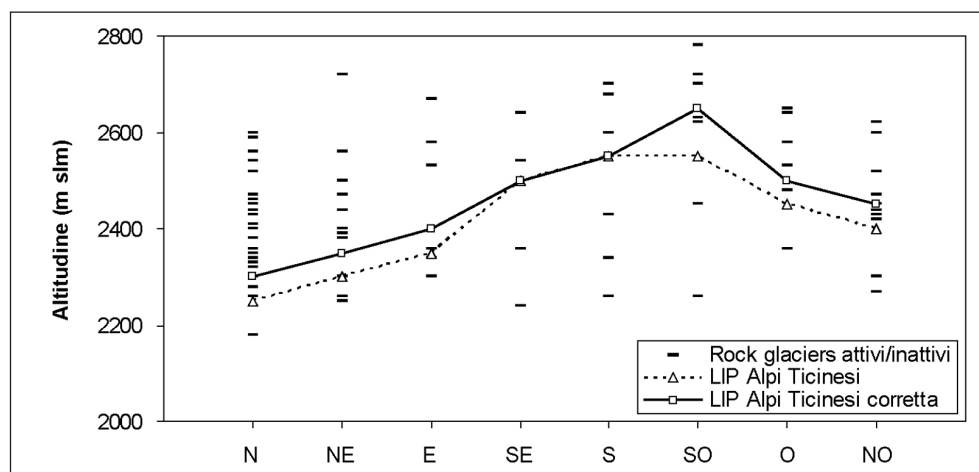
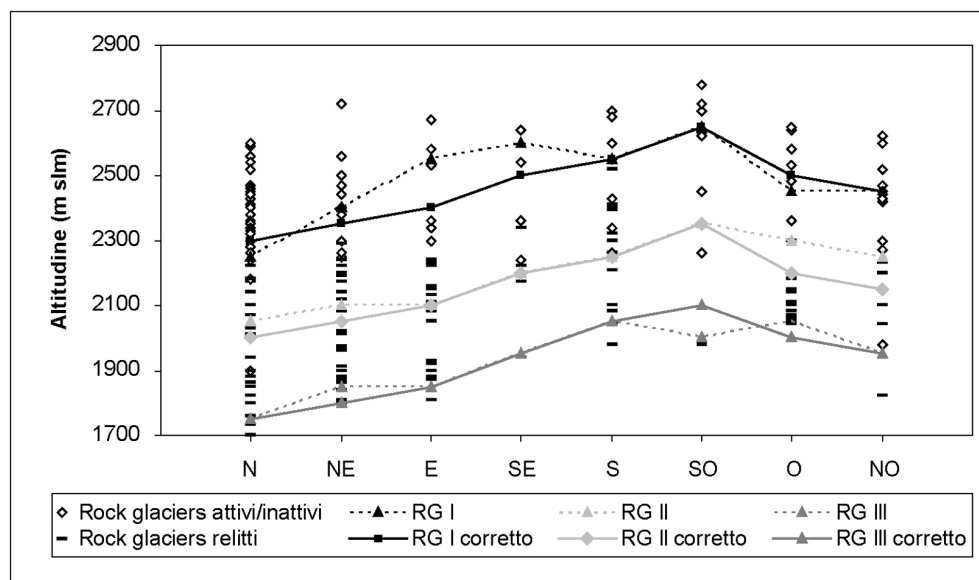


Fig. 5 – Limite inferiore del permafrost discontinuo per ogni generazione di rock glaciers.



La depressione del permafrost media (DP), che corrisponde alla differenza di altitudine tra il limite inferiore del permafrost tra una generazione e l'altra (vedi SCAPOZZA & FONTANA 2009), è di 300 m tra RG I e RG II, e di 550 m tra RG I e RG III (tab. 2). In base a questi valori medi sono state calcolate le altitudini corrette del LIP per ogni generazione di rock glaciers; questo è stato fatto perché, a causa dell'esiguo numero di rock glaciers per ogni orientazione di versante e per ogni generazione (soprattutto per quel che concerne i quadranti meridionali), i valori non corretti risultavano assai fluttuanti.

DISCUSSIONE

Velocità dei rock glaciers

La differenza di velocità tra i rock glaciers attivi delle Alpi Ticinesi occidentali e orientali si può spiegare grazie a due fattori. Da una parte, tenendo conto che la porzione occidentale delle Alpi Ticinesi presenta un numero maggiore di rock glaciers che sono, o sono stati, alimentati da sedimenti sciolti di origine glaciale

(*debris rock glaciers* e *ice-cored rock glaciers*), è probabile che questa differenza di velocità sia in parte dovuta a questo influsso glaciale, con i rock glaciers di origine esclusivamente periglaciale che sarebbero mediamente più lenti. In effetti, se guardiamo i dati presentati in Appendice, possiamo vedere come ben la metà dei rock glaciers attivi che presentano delle velocità di più dm/mese siano dei rock glaciers alimentati da materiali morenici o a «cuore di ghiaccio». D'altra parte, è altresì probabile che vi sia un influsso importante della differenza di precipitazioni tra l'O e l'E delle Alpi Ticinesi, che sebbene non sia estremamente marcata, potrebbe spiegare queste differenze di velocità. In effetti, le Alpi Ticinesi occidentali beneficiano di precipitazioni annue medie superiori a 1800–2000 mm, mentre le Alpi Ticinesi orientali sono leggermente più secche, con meno di 1800 mm di pioggia all'anno (COTTI *et al.* 1990, SPINEDI & ISOTTA 2004). Il maggior apporto di acqua liquida potrebbe quindi avere l'effetto di favorire la deformazione del ghiaccio del permafrost (IKEDA *et al.* 2008). Questo avrebbe come effetto, a parità di condizioni topografiche e glaciologiche, di aumentare la velocità di un rock glacier.

Tab. 2 – Numero e caratteristiche topografiche (altitudine, superficie media) dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi, altitudine del limite inferiore del permafrost discontinuo (LIP) per ogni generazione di rock glaciers (RG) e depressione del permafrost (DP) che ne risulta. La LIP «corretta» è stata calcolata in base ai valori medi della depressione del permafrost.

		3N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Totale	Media
No. RG	Rock glaciers attivi	21	8	3	2	2	6	4	10	56	7
	Rock glaciers inattivi	14	5	3	2	5	1	2	3	35	4
	Rock glaciers relitti	27	28	17	4	17	2	12	5	112	14
	Totale	62	41	23	8	24	9	18	18	203	25
Altitudine (m slm)	Rock glaciers attivi/inattivi	2365	2435	2465	2445	2510	2648	2533	2405	-	2475
	Rock glaciers relitti	1940	1995	2040	2170	2225	1980	2130	2080	-	2070
	Differenza	425	440	425	275	285	668	403	325	-	405
Superficie media (ha)	Rock glaciers attivi	5.8	6.0	4.5	4.4	3.0	6.7	4.8	3.4	-	4.8
	Rock glaciers inattivi	4.0	2.1	2.7	1.3	7.4	6.2	3.3	3.1	-	3.7
	Rock glaciers relitti	7.3	8.3	7.0	7.3	3.7	8.3	3.9	5.1	-	6.4
Limite Inferiore del Permafrost (LIP) (m slm)	RG I	LIP calcolata	2250	2400	2550	2600	2550	2650	2450	2450	2500
		LIP corretta	2300	2350	2400	2500	2550	2650	2500	2450	2450
	RG II	LIP calcolata	2050	2100	2100	2200	2250	2350	2300	2250	2200
		DP	200	300	450	400	300	300	150	200	300
		LIP corretta	2000	2050	2100	2200	2250	2350	2200	2150	2150
	RG III	LIP calcolata	1750	1850	1850	1950	2050	2000	2050	1950	1950
		DP	500	550	700	650	500	650	400	500	550
		LIP corretta	1750	1800	1850	1950	2050	2100	2000	1950	1950

A questo proposito, è in corso uno studio dettagliato a lungo termine della struttura e della dinamica di 7 rock glaciers delle Alpi Ticinesi (rock glaciers di Pizzo Nero [AT-1], Passo Grandinagia [AT-3], Monte Prosa I e II [AT-11, AT-12], Ganoni di Schenadüi [AT-15], Piancabella [AT-24] e Stabbio di Largario [AT-29]), mediante prospezione geofisica e monitoraggio delle velocità stagionali e annuali dei rock glaciers con l'ausilio del GPS differenziale (MARI, in prep.).

Ripartizione del permafrost nelle Alpi Ticinesi

In base ai limiti inferiori del permafrost determinati per ogni orientazione, è stato possibile calcolare un modello empirico regionale della ripartizione del permafrost discontinuo nell'insieme delle Alpi Ticinesi (fig. 6). Questo è stato possibile grazie all'integrazione dei dati determinati sulla base del catasto dei rock glaciers in un Sistema di Informazione Geografico (SIG). Il modello sviluppato è stato calcolato grazie a un modello numerico di altitudine (MNA) a 90 m (dted90), messo a disposizione dall'Agenzia Spaziale Americana (NASA) (per i dettagli concernenti la modellazione della ripartizione potenziale del permafrost discontinuo grazie a un modello empirico regionale in un SIG, vedi SCAPOZZA & FONTANA 2009).

Il risultato della nostra cartografia è assai simile a quello ottenuto nella *Carta indicativa della distribuzione potenziale del permafrost in Svizzera* (UFAM 2005), sebbene secondo il nostro modello il LIP si situa generalmente a un'altitudine più bassa. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che, essendo basato su di un catasto di rock gla-

ciers, nel nostro modello la ripartizione del permafrost nei settori a forte pendenza ($>35-40^\circ$) è probabilmente sovrastimata, in particolare per i quadranti meridionali (vedi anche LAMBIEL & REYNARD 2003, SCAPOZZA *et al.* 2008a). Bisogna considerare anche la differenza di risoluzione tra i due modelli. La carta dell'UFAM (2005), infatti, è basata su di un MNA a 25 m, mentre il nostro modello su di un MNA a 90 m.

D'altro canto, è importante precisare che, al contrario della carta dell'UFAM (2005), il nostro modello è basato su dei parametri locali, ciò che dovrebbe permettere di tenere meglio conto delle specificità morfoclimatiche delle Alpi Ticinesi rispetto al resto delle Alpi svizzere (al contrario di quanto fatto nella carta di VONDER MUHLL *et al.* (1999) e dell'UFAM (2005), dove per le Alpi Ticinesi occidentali sono stati utilizzati dei dati empirici relativi alle Alpi Pennine, mentre per le Alpi Ticinesi orientali sono stati utilizzati dei dati empirici relativi alle Alpi Retiche).

Confronto con altre regioni delle Alpi svizzere

La specificità del contesto morfoclimatico degli ambienti periglaciali delle Alpi Ticinesi rispetto alle altre principali regioni delle Alpi svizzere, può essere visualizzata confrontando i valori del LIP ottenuto nelle Alpi Ticinesi con dei valori del LIP determinati in base ai catasti di rock glaciers di altre regioni delle Alpi svizzere (fig. 7). Per questo confronto, si è tenuto conto del catasto dei rock glaciers dell'Alta Engadina per le Alpi Retiche (HOELZLE 1989), della regione Val de Bagnes – Val d'Hérémence per le Alpi Pennine (LAMBIEL & REYNARD 2001) e delle Alpi Bernesi (IMHOF 1996) (tab. 3).

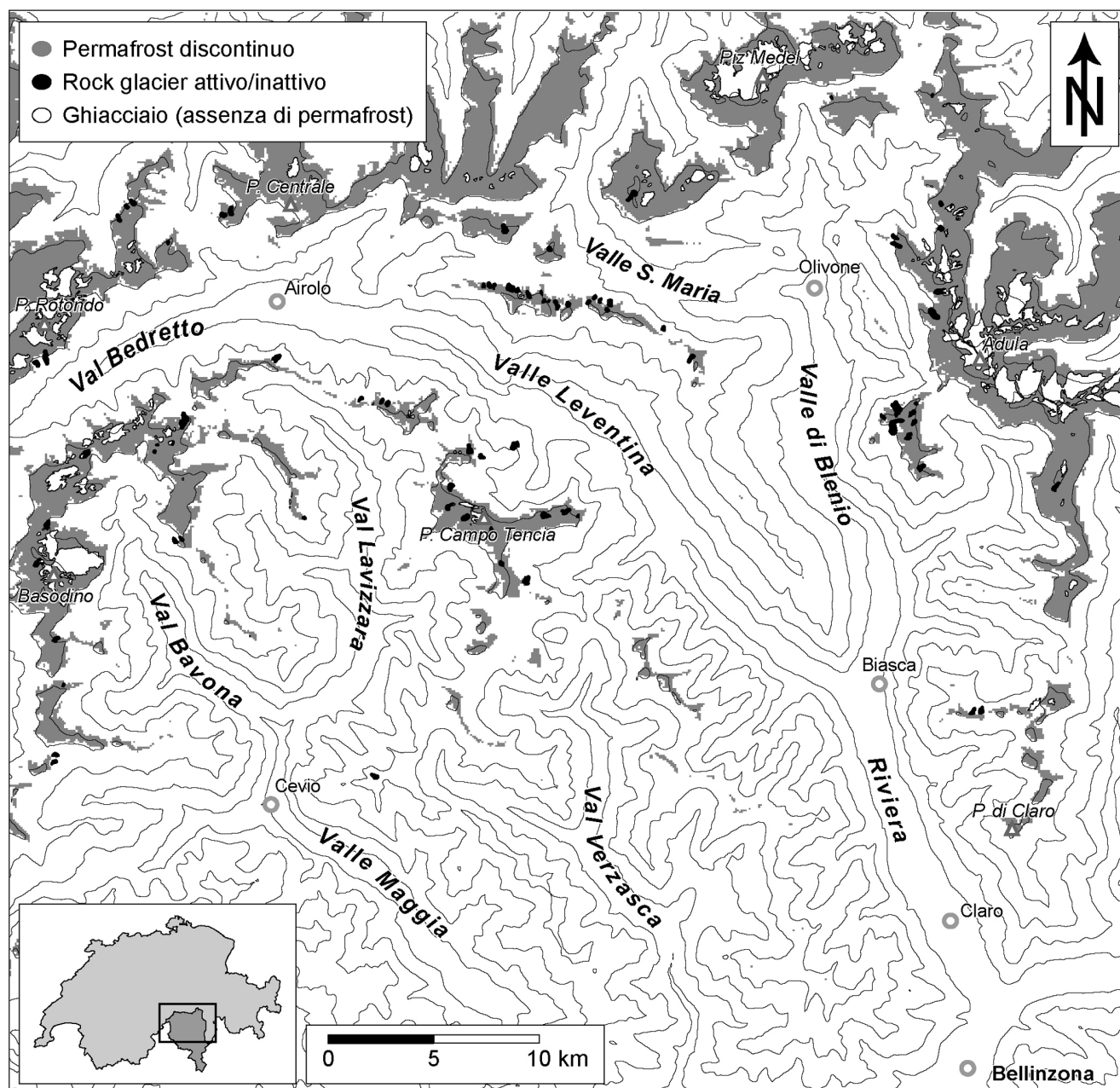
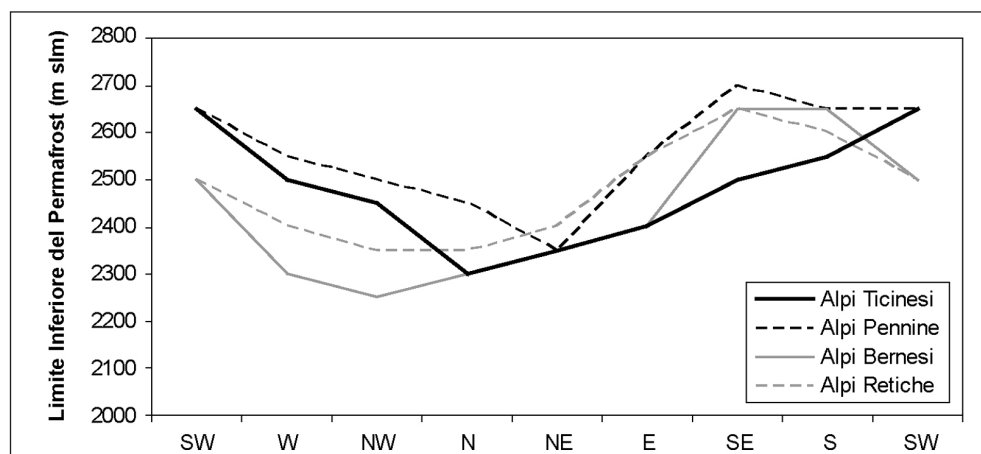


Fig. 6 – Modellazione della ripartizione potenziale del permafrost discontinuo nelle Alpi Ticinesi grazie al modello empirico regionale sviluppato sulla base del catasto dei rock glaciers.

Fig. 7 – Confronto tra quattro modelli della ripartizione del permafrost discontinuo nelle Alpi Svizzere definiti in base a catasti di rock glaciers.



	Alpi Ticinesi	Alpi Pennine	Alpi Bernesi	Alpi Retiche
N	2300	2450	2300	2350
NE	2350	2350	2350	2400
E	2400	2550	2400	2550
SE	2500	2700	2650	2650
S	2550	2650	2650	2600
SO	2650	2650	2500	2500
O	2500	2550	2300	2400
NO	2450	2500	2250	2350
Dati	SCAPOZZA & MARI	LAMBIEL & REYNARD (2001)	IMHOF (1996)	HOELZLE (1989)

Tab. 3 – Modelli regionali del limite inferiore dei rock glaciers attivi/inattivi (e quindi del LIP) in quattro regioni delle Alpi svizzere.

Nella figura 7, la curva relativa alle Alpi Ticinesi si intercala grossomodo tra quella delle Alpi Pennine e quella delle Alpi Bernesi, sebbene delle differenze siano presenti secondo l'orientazione del versante.

Considerando che questi modelli riflettono delle situazioni regionali, le loro differenze e similitudini si possono spiegare con i parametri climatici e morfologici a scala regionale. Le Alpi Pennine e Retiche, infatti, presentano globalmente meno precipitazioni rispetto alle Alpi Ticinesi, mentre per le Alpi Bernesi vale il discorso contrario.

Se guardiamo più in dettaglio le precipitazioni nevose, che in funzione dello spessore, della densità e della durata dell'innevamento possono influenzare in maniera importante le temperature al suolo e nel sottosuolo, e quindi la probabilità di occorrenza di permafrost (cf. SCAPOZZA 2009), la differenza tra le quattro regioni è assai importante. Le medie a lungo termine dell'altezza della neve per il periodo 1983–2002 presentano delle disparità regionali assai importanti (AUER *et al.* 2007). Ad altitudine equivalente, la parte settentrionale delle Alpi Ticinesi, in particolare la Val Bedretto e le regioni del Gottardo e della Greina, beneficiano di un innevamento dal 20 al 70% superiore alla media svizzera. Al contrario, le valli meridionali del Vallese (Alpi Pennine), la Surselva, il centro dei Grigioni e l'Engadina (Alpi Retiche), ricevono relativamente

poche precipitazioni nevose. Per quel che concerne le Alpi Bernesi, le quantità di neve sono simili a quelle della parte centrale delle Alpi Ticinesi, esclusa la regione della Jungfrau e di Aletsch, dove le precipitazioni nevose sono leggermente inferiori alla media svizzera. Tenendo conto che la persistenza della neve ha l'effetto di ritardare il riscaldamento del suolo, e quindi di favorire un mantenimento del permafrost a più bassa altitudine, i valori del LIP nelle Alpi Ticinesi si potrebbero spiegare grazie a questo parametro.

Per quel che concerne la morfologia regionale, infine, le altitudini più basse del LIP che si riscontrano nelle Alpi Bernesi per le orientazioni O e NO, potrebbero essere dovute al particolare contesto strutturale (Elvetico), dove le imponenti pareti calcaree sub-verticali orientate verso N causano un importante effetto d'ombra che favorisce il mantenimento di condizioni fredde al suolo a relativamente bassa altitudine (PHILLIPS & REYNARD 1996). Queste condizioni sono poco presenti nelle Alpi Ticinesi, dove il contesto morfo-strutturale (valli orientati N–S, Pennidico) è sfavorevole allo sviluppo di imponenti pareti rocciose orientate verso N.

Significato paleoclimatico dei rock glaciers

La differenza di altitudine tra le varie generazioni di rock glaciers, chiamata anche depressione del permafrost (DP), permette di determinare le paleo-temperatu-

Tab. 4. Valori della depressione del permafrost (DP) e dell'abbassamento relativo della temperatura (ΔT), calcolato con un gradiente verticale di temperatura di $0.006^{\circ}\text{C}/\text{m}$, per diverse generazioni di rock glaciers nelle Alpi. Per la regione dell'Err-Julier (GR) e del Tirolo austriaco, valgono le correzioni apportate da SCAPOZZA *et al.* (2008a) e SCAPOZZA & FONTANA (2009).

Regione	Generazione di rock glaciers	DP (m)	DT ($^{\circ}\text{C}$)	Stadio presunto	Fonte
Alpi Ticinesi	RG II	300	1.8	EGESEN	Questo lavoro
	RG III	550	3.3	DAUN	
Alpi Bleniesi	RG II	290	1.7	Egesen	SCAPOZZA & FONTANA (2009)
	RG III	410 – 510	2.5 – 3.0	Daun	
Err-Julier (GR)	«Dryas antico»	500 – 600	3.0 – 3.6	Daun	FRAUENFELDER <i>et al.</i> (2001)
Bagnes – Hérémence (VS)	«Dryas recente»	200	1.2	Egesen	LAMBIEL & REYNARD (2003)
Tirolo (Austria)	«Dryas recente»	250-350	1.5 – 2.1	Egesen I	KERSCHNER (1985), SAILER & KERSCHNER (1999)
	«Dryas antico»	520	3.1	Daun	

re che sono necessarie per «creare» una data generazione di rock glaciers, e quindi di calare cronologicamente il loro sviluppo. A questo proposito, ricordiamo che il limite inferiore dei rock glaciers attivi/inattivi corrisponde generalmente all'altitudine dell'isoterma $-1/-2^{\circ}\text{C}$ (HAEERLI 1985, SCAPOZZA & FONTANA 2009), e che quindi generazioni di rock glaciers situate a un'altitudine più bassa sono testimoni di un periodo nel quale questa isoterma si situava a un'altitudine più bassa, e quindi il clima era più freddo.

Se teniamo conto di un gradiente verticale di temperatura standard di $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, la DP di 300 m tra RG I e RG II testimonia di un abbassamento di temperatura di 1.8°C , mentre la DP di 550 m tra RG I e RG III testimonia di un abbassamento di temperatura di 3.3°C . Se confrontiamo questi valori con i dati presenti in letteratura, dove le generazioni di rock glaciers sono state datate grazie a una correlazione con gli stadi glaciali (tab. 4), possiamo concludere che la generazione RG II data molto probabilmente del Dryas recente (11'000 – 10'000 BP), mentre la generazione RG III data probabilmente della fine del Dryas antico (14'000 – 13'000 BP) e dell'interstadio del Bølling (13'000 – 12'000 BP).

CONCLUSIONI

Il catasto dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi ha permesso di censire 203 di queste forme, di cui 56 sono state considerate attive, 35 inattive e 112 relitte. A scala regionale, i rock glaciers sono ripartiti assai uniformemente tra le Alpi Ticinesi occidentali e orientali. Una differenza importante è presente per quanto concerne la velocità dei rock glaciers, determinata sulla base dell'analisi di immagini di interferometria radar da satellite (InSAR). I rock glaciers attivi delle Alpi Ticinesi occidentali, mediamente, si muovono in maniera più rapida rispetto a quelli delle Alpi Ticinesi orientali. Questo è probabilmente dovuto a due fattori: da una parte, un maggiore influsso glaciale sui rock glaciers delle Alpi Ticinesi occidentali; d'altra parte, delle precipitazioni più abbondanti nella porzione occidentale delle Alpi Ticinesi, con una maggiore quantità di acqua liquida a disposizione, ciò che avrebbe l'effetto di favorire la deformazione del ghiaccio del permafrost (IKEDA *et al.* 2008).

Sulla base della localizzazione dei rock glaciers attivi e inattivi è stato possibile determinare un modello della ripartizione potenziale del permafrost discontinuo a scala regionale. Il confronto dei valori ottenuti con altre regioni delle Alpi svizzere ha permesso di mostrare che le condizioni morfoclimatiche delle Alpi Ticinesi sono differenti rispetto alle Alpi Pennine o alle Alpi Retiche, e quindi che qualsiasi modello di calcolo della ripartizione potenziale del permafrost nelle Alpi Ticinesi deve assolutamente tenere conto delle specificità morfologiche e climatiche regionali.

I rock glaciers relitti sono stati suddivisi in due generazioni di queste forme. La depressione del permafrost calcolata per ognuna di queste generazioni ha permes-

so di attribuire la generazione RG II al Dryas recente, mentre la generazione RG III è stata attribuita alla fine del Dryas antico e all'interstadio del Bølling.

Lo studio della ripartizione del permafrost e delle caratteristiche dei rock glaciers nelle Alpi Ticinesi deve ora focalizzarsi, a livello locale, sulla reazione dinamica dei rock glaciers di fronte ai cambiamenti climatici in atto (MARI, in prep.), ma anche sulle transizioni morfologiche che hanno caratterizzato gli importanti cambiamenti climatici passati e che potrebbero, in un futuro prossimo, modificare radicalmente gli ambienti di alta montagna (SCAPOZZA, in prep.).

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare a Tazio Strozzi per la preparazione degli interferogrammi InSAR. L'analisi degli interferogrammi InSAR ha beneficiato del contributo del Dr Xavier Bodin e del Prof. Reynald Delaloye. L'elaborazione del catasto dei rock glaciers ha beneficiato del contributo di Georgia Fontana. Un ringraziamento particolare per la rilettura critica del manoscritto a Georgia Fontana, Marco Moretti, Emmanuel Reynard e a un referee anonimo.

BIBLIOGRAFIA

- AUER M., MEISTER R., STOFFEL A. 2007. Altezze medie della neve 1983–2002. In: *Atlante Idrologico della Svizzera (HADES)*. Università di Berna, Istituto di Geografia, tavola 3.11.
- BARONI C., CARTON A., SEPPI R. 2004. Distribution and behaviour of rock glaciers in the Adamello–Presanella massif (Italian Alps). *Permafrost and Periglacial Processes* 15: 243–259.
- BARSCH D. 1996. *Rockglaciers. Indicators for the present and former geology in high mountain environments*. Berlin/Heidelberg, Springer, 331 pp.
- BINGGELI V. 1965. Der Blockstrom im Val Cadlimo. *Regio Basiliensis* 6: 149–155.
- COTTI G., FELBER M., FOSSATI A., LUCCHINI G., STEIGER E., ZANON P.L. 1990. *Introduzione al paesaggio naturale del Cantone Ticino. Tomo primo: le componenti naturali*. Bellinzona, Dipartimento dell'Ambiente, 484 pp.
- DELALOYE R., MORAND S. 1998. Les glaciers rocheux de la région d'Entremont (Alpes Valaisannes) : inventaire et analyse spatiale à l'aide d'un SIG. *Mitteilungen der VAW – ETH Zürich* 158: 75–86.
- FRAUENFELDER R., HAEERLI W., HOELZLE M., MAISCH M. 2001. Using relict rock-glaciers in GIS-based modelling to reconstruct Younger Dryas permafrost distribution patterns in the Err-Julier area, Swiss Alps. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 55: 195–202.
- HAEERLI W. 1985. Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rock glaciers. *Mitteilungen der VAW – ETH Zürich* 77: 1–119.
- HOELZLE M. 1989. *Untersuchungen zur Permafrostverbreitung im Oberengadin*. Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule (ETHZ) (lavoro di diploma, non pubblicato), 79 pp.

- IKEDA A., MATSUOKA N., KAAB A. 2008. Fast deformation of perennially frozen debris in a warm rock–glacier in the Swiss Alps: an effect of liquid water. *Journal of Geophysical Research* 113: F01021.
- IMHOF M. 1996. Modelling and verification of the permafrost distribution in the Bernese Alps (Western Switzerland). *Permafrost and Periglacial Processes* 7: 267–280.
- KERSCHNER H. 1985. Quantitative paleoclimatic inferences from lateglacial snowline, timberline and rock glacier data, Tyrolean Alps, Austria. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* 21: 363–369.
- LAMBIEL C., REYNARD E. 2001. Regional modelling of present, past and future potential distribution of discontinuous permafrost based on a rock glacier inventory in the Bagnes – Hérémence area (Western Swiss Alps). *Norsk Geografisk Tidsskrift* 55: 219–223.
- LAMBIEL C., REYNARD E. 2003. Cartographie de la distribution du pergélisol et datation des glaciers rocheux dans la région du Mont Gelé (Valais). In: Maisch M., Vonder Mühll D., Monbaron M. (eds.), *Entwicklungstendenzen und Zukunftsperspektiven in der Geomorphologie. Physische Geographie* 4: 91–104.
- LAMBIEL C., DELALOYE R., STROZZI T., LUGON R., RAETZO H. 2008. ERS InSAR for detecting the rock glacier activity. *Proceedings of the 9th International Conference on Permafrost, Fairbanks, Alaska, 29 June – 3 July 2009*: 1019–1024.
- MAISCH M., WIPF A., DENNELER B., BATTAGLIA J., BENZ C. 2000. *Die Gletscher der Schweizer Alpen. Gletscherhochstand 1850, Aktuelle Vergletscherung, Gletscherschwund-Szenarien*. Vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 378 pp.
- MARAZZI S. 2005. *Atlante Orografico delle Alpi. SOIUSA. Suddivisione orografica internazionale unificata del Sistema Alpino*. Pavone Canavese (TO), Priuli & Verlucca editori, 416 pp.
- MARI S. *Contributo allo studio della distribuzione del permafrost degli ambienti periglaciali nel Cantone Ticino*. Università di Friburgo, Dipartimento di geoscienze (tesi di dottorato, in preparazione).
- MARI S., BODIN X., SCAPOZZA C. 2009. Inventario dei movimenti di terreno per analisi dei segnali di interferometria radar satellitari (periodo 1994–2007) nelle Alpi Ticinesi. *La géomorphologie alpine : entre patrimoine et contrainte. Colloque de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm), Olivone (Val Blenio, Tessin), 3–5 septembre 2009, programme et résumés*: 16.
- MARI S., DELALOYE R., SCAPOZZA C., STROZZI T. 2010. Inventario dei movimenti di terreno per analisi dei segnali d'interferometria radar satellitari nelle Alpi Ticinesi (periodo 1994–2007). In: Lambiel C., Scaopozza C., Reynard E. (eds.), *La géomorphologie alpine : entre patrimoine et contrainte. Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm), Olivone (Val Blenio, Tessin), 3–5 septembre 2009* (in preparazione).
- PHILLIPS M., REYNARD E. 1996. Influence régionale du climat et de la morphologie sur la distribution du permafrost. *Ukpik, Rapports de recherche de l'Institut de Géographie, Université de Fribourg* 8: 197–206.
- RAMELLI G., SCAPOZZA C., MARI S., LAMBIEL C. 2009. Structure interne et dynamique des glaciers rocheux du massif de la Cima di Gana Bianca. *La géomorphologie alpine : entre patrimoine et contrainte. Colloque de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm), Olivone (Val Blenio, Tessin), 3–5 septembre 2009, programme et résumés*: 22.
- RIVA E. 2006. *Ghiacciai ticinesi. Il sussurro degli ultimi cinquanta*. Bellinzona, Salvioni Edizioni, 250 pp.
- ROSEN P., HENSLEY S., JOUGHIN F.I., MADSEN S., RODRIGUEZ E., GOLDSTEIN R. 2000. Synthetic aperture radar interferometry. *Proceedings of the IEEE* 88(3): 333–382.
- SAILER R., KERSCHNER H. 1999. Equilibrium–line altitudes and rock glaciers during the Younger Dryas cooling event, Ferwall group, western Tyrol, Austria. *Annals of glaciology* 28: 141–145.
- SEPPI R., CARTON A., BARONI C. 2005. Proposta di una nuova scheda per il censimento dei rock glaciers da fotografie aeree: applicazione sull'Alta Val Ultimo (Gruppo Ortles – Cevedale). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, Suppl. 7: 329–338.
- SCAPOZZA C. *Stratigraphie, morphodynamique, paléoenvironnements des terrains sédimentaires meubles à forte déclivité du domaine périglaciaire alpin*. Université de Lausanne, Institut de Géographie (tesi di dottorato, in preparazione).
- SCAPOZZA C. 2008. *Contribution à l'étude géomorphologique et géophysique des environnements périglaciaires des Alpes Tessinoises orientales*. Université de Lausanne, Institut de Géographie (lavoro di diploma, pubblicato su <http://doc.rero.ch/record/8799?ln=fr>), 286 pp.
- SCAPOZZA C. 2009. Contributo dei metodi termici alla prospezione del permafrost montano: esempi dal massiccio della Cima di Gana Bianca (Val Blenio, Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali* 97: 55–66.
- SCAPOZZA C., FONTANA G. (a cura di) 2009. *Le Alpi Bleniesi. Storia glaciale e periglaciale e patrimonio geomorfologico. Memorie della Società ticinese di Scienze naturali e del Museo cantonale di storia naturale, Lugano* 10: 1–111.
- SCAPOZZA C., REYNARD E. 2007. Rock glaciers e limite inferiore del permafrost discontinuo tra la Cima di Gana Bianca e la Cima di Piancabella (Val Blenio, TI). *Geologia Insubrica* 10(2): 29–40.
- SCAPOZZA C., LAMBIEL C., REYNARD E. 2008a. Glaciers rocheux et distribution régionale du pergélisol discontinu dans les Alpes Tessinoises orientales (Suisse). In: Rothenbühler C. (ed.), *Klimaveränderungen auf der Spur. Studien des Europäischen Tourismus Instituts an der Academia Engiadina, Samedan* 5: 79–92.
- SCAPOZZA C., SCAPOZZA V., FONTANA G. 2008b. Morfologia periglaciale delle Alpi Ticinesi orientali. *GEA, paesaggi, territori, geografia* 24: 14–22.
- SCAPOZZA C., GEX P., LAMBIEL C., REYNARD E. 2008c. Contribution of self-potential (SP) measurements in the study of alpine periglacial hydrology: examples from the southern Swiss Alps. *Proceedings of the 9th International Conference on Permafrost, Fairbanks, Alaska, 29 June – 3 July 2009*: 1583–1588.
- SPINEDI F., ISOTTA F. 2004. Il clima del Ticino negli ultimi 50 anni. *Dati, statistiche e società* 4(2): 4–39.
- STEENS L. 2003. *Cartographie périglaciaire de la région du Basòdino–Cristallina*. Université de Lausanne, Institut de Géographie (lavoro di diploma, non pubblicato), 83 pp.
- STROZZI T., VALENTI G. 2006. Il ghiacciaio del Basòdino. Movimento superficiale con interferometria radar da satellite. *Dati, statistiche e società* 6(2): 36–37.

- STROZZI T., VALENTI G. 2007. Misura del movimento superficiale dei ghiacciai ticinesi con interferometria radar da satellite. *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali* 95: 85–88.
- STROZZI T., KAAB A., FRAUENFELDER R. 2004. Detecting and quantifying permafrost creep from *in situ* inventory, space-borne radar interferometry and airborne digital photogrammetry. *International Journal of Remote Sensing* 25: 2919–2931.
- STROZZI T., WEGMULLER U., TOSI L., BITELLI G., SPRECKELS V. 2001. Land subsidence monitoring with differential SAR interferometry. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 67(11): 1261–1270.
- UFAM 2005. *Carta indicativa della distribuzione potenziale del permafrost in Svizzera*. Berna, Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) (<http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/06140/06149/index.html?lang=it>).
- VALENTI G. 2006. Il permafrost in Ticino. *Dati, statistiche e società* 6(2): 46–50.
- VALEGGIA C., KAPPENBERGER G., VALENTI G., BAUDER A., CASARTELLI G., STROZZI T., CORTI G., MARTINI O., EISEN O., SPINEDI F., WEISS S. 2006. I ghiacciai del Ticino. *Dati, statistiche e società* 6(2): 4–54.
- VONDER MUHLL D., KELLER F., IMHOF M., KRUMMENACHER B., MIHAJLOVIC D., DELALOYE R., GARDAZ J.-M., WENKER L., HOELZLE M., KAAB A. 1999. Permafrost – estensione e particolarità. In: *Atlante Idrologico della Svizzera (HADES)*. Università di Berna, Istituto di Geografia, tavola 3.9.
- ZELLER G. 1964. Morphologische Untersuchungen in den östlichen Seitentälern des Val Blenio. Bern, Kümmerly & Frei. *Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie* 13: 1–116.

Appendice

Catasto dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi.

No.	ID	Nome	Tipo	Attività	Velocità InSAR	Quota fronte (m slm)	Orient.	Litologia	CN 1:25'000	Lungh. (m)	Area (ha)	Coord X	Coord Y
1	AT-1	Pizzo Nero	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2600	S	Paragneiss	1251	586	2.17	674970	149320
2	AT-2	Cassina Baggio	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2360	SE	Paragneiss	1251	947	4.93	678280	150420
3	AT-3	Passo Grandinaglia	Ice-cored - Lobate	Attivo	dm/m	2560	NE	Paragneiss	1251	1304	9.48	680570	146130
4	AT-4	Cristallina I	Debris - Lobate	Attivo	dm/m	2720	NE	Paragneiss	1251	775	2.19	684690	146700
5	AT-5	Naret	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2280	N	Paragneiss	1251	1894	15.93	685250	147700
6	AT-6	Ravina	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2250	NE	Paragneiss	1251	1252	6.61	689620	150710
7	AT-7	Pizzo dell'Uomo I	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2470	NW	Granito	1231	970	5.03	682820	158060
8	AT-8	Pizzo dell'Uomo II	Talus - Lobate	Attivo	dm/m	2400	N	Granito	1251	960	4.22	682170	157360
9	AT-9	Pizzo dell'Uomo III	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2440	NW	Granito	1251	635	2.38	682540	157860
10	AT-10	Valletta	Talus - Lobate	Attivo	dm/m	2520	NW	Granito	1251	479	1.52	684470	156160
11	AT-11	Monte Prosa I	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2430	N	Granito	1251	1090	6.52	687440	157680
12	AT-12	Monte Prosa II	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2440	NW	Granito	1251	823	4.24	687080	157460
13	AT-13	Poncione Sambuco I	Ice-cored - Lobate	Attivo	dm/m	2380	N	Paragneiss	1252	661	2.45	694580	148640
14	AT-14	Poncione Sambuco II	Talus - Lobate	Attivo	dm/m	2360	N	Paragneiss	1252	747	3.49	694840	148540
15	AT-15	Ganoni di Schenadüi	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2470	N	Ortogneiss	1252	1270	8.63	700350	157000
16	AT-16	Pizzo dell'Uomo	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2420	NW	Ortogneiss	1252	690	3.34	702600	155800
17	AT-17	Pizzo del Sole I	Talus - Lobate	Attivo	dm/m	2590	N	Paragneiss	1252	513	1.44	702120	153790
18	AT-18	Pos Pécian	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2400	N	Paragneiss	1252	764	3.41	701025	153980
19	AT-19	Ganone dei Motti Ör	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2260	SW	Paragneiss	1253	1140	6.53	709170	150670
20	AT-20	Pizzo Campolungo	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2280	N	Paragneiss	1252	1232	8.37	698720	146340
21	AT-21	Lei di Cima	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2240	SE	Paragneiss	1252-1272	802	3.73	699260	146050
22	AT-22	Pizzo del Lambro	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	1900	N	Paragneiss	1252	1278	8.68	700850	146525
23	AT-23	Pizzo Forno	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2580	E	Paragneiss	1272	1168	6.05	703250	143400
24	AT-24	Piancabella	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2440	NE	Paragneiss	1273	1135	6.17	720250	145650
25	AT-25	Gana Bianca II	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2640	W	Micascisti	1253	687	2.87	719350	147050
26	AT-26	Gana Bianca III	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2580	W	Micascisti	1253	779	3.32	719430	146900
27	AT-27	Pièi II	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2430	S	Micascisti	1253	876	3.85	718715	147600
28	AT-28	Pièi III	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2480	W	Micascisti	1253	925	4.19	718970	147700
29	AT-29	Stabbio di Largario	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2240	N	Micascisti	1253	1860	17.25	718800	148720
30	AT-30	Gana	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2530	E	Micascisti	1253	993	3.93	719760	148200
31	AT-31	Monte Amianto	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2460	N	Micascisti	1253	1544	13.22	720530	153150
32	AT-32	Bocchetta di Furnei	Ice-cored - Lob.	Attivo	cm/m	2530	W	Micascisti	1253	1388	8.79	720450	153750
33	AT-33	Torrone di Nav	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2300	NW	Micascisti	1253	897	4.14	718610	156150
34	AT-34	Scaradra	Debris - Lobate	Attivo	cm/m	2440	NW	Micascisti	1253	794	4.04	720970	156850
35	AT-35	Plattenberg	Debris - Lobate	Attivo	dm/m	2600	NW	Ortogneiss	1233-1253	620	2.53	720950	158050
36	AT-36	Passo della Greina	Talus - Lobate	Attivo	dm/m	2330	N	Calcescisti	1233	383	0.84	715700	160308
37	AT-37	Scopi	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2780	SW	Calcescisti	1232	1545	9.59	706370	158400
38	AT-38	Pizzo del Sole II	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2560	N	Paragneiss	1252	526	1.53	702250	153370
39	AT-39	Le Pipe	Protalus Rampart	Attivo	cm/a	2390	NE	Paragneiss	1252	1175	5.42	702810	153240
40	AT-40	Scüt	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2410	N	Paragneiss	1252	707	3.59	703375	153240
41	AT-41	Pizzo Predèlp I	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2320	N	Paragneiss	1252	629	2.62	704640	153580
42	AT-42	Passo Predèlp	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2450	SW	Paragneiss	1252	627	2.41	704250	153250
43	AT-43	Toró di Sopra	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2280	N	Paragneiss	1252	942	5.60	705343	153320
44	AT-44	Pizzo d'Era	Debris - Lobate	Attivo	cm/a	2430	N	Paragneiss	1252	588	2.07	705175	152920
45	AT-45	Gana Rossa	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2240	N	Paragneiss	1253	689	2.90	707900	152100
46	AT-46	Spluga	Talus - Lobate	Attivo	IPTA	1980	NW	Ortogneiss	1292	980	5.29	694250	130815
47	AT-47	Fiorera	Talus - Lobate	Attivo	dm/m	2500	NE	Ortogneiss	1271	969	4.97	679200	137340
48	AT-48	Basodino-W	Ice-cored - Lobate	Attivo	dm/m	2700	SW	Paragneiss	1271	1308	8.68	678340	140970
49	AT-49	Fiorina	Ice-cored - Lobate	Attivo	dm/m	2470	NE	Paragneiss	1271	1085	6.35	678750	142750
50	AT-50	Crosolina	Talus - Lobate	Attivo	dm/m	2620	SW	Paragneiss	1272	1072	7.36	698530	143110
51	AT-51	Canà I	Debris - Lobate	Attivo	dm/m	2630	SW	Paragneiss	1272	1142	5.59	697680	143650
52	AT-52	Cresta del Coro	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2620	NW	Paragneiss	1251	417	1.11	683850	146250
53	AT-53	Barone I	Talus - Lobate	Attivo	cm/a	2340	N	Ortogneiss	1272	784	3.10	701350	140110
54	AT-54	Foglia	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2340	E	Ortogneiss	1291	779	3.51	679150	131850
55	AT-55	Canà II	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2380	NE	Paragneiss	1271	1024	6.21	695750	144430
56	AT-56	Passo del Mauro	Talus - Lobate	Attivo	cm/m	2180	N	Micascisti	1273-1293	947	5.67	700760	133930
57	IN-1	Piotte I	Talus - Lobate	Inattivo	-	2350	N	Paragneiss	1252	565	1.80	699370	154165
58	IN-2	Piotte II	Talus - Lobate	Inattivo	-	2340	N	Paragneiss	1252	765	3.20	699660	154150
59	IN-3	Piotte III	Talus - Lobate	Inattivo	-	2360	N	Paragneiss	1252	644	2.10	699880	154130
60	IN-4	Pos Pécianett	Talus - Lobate	Inattivo	-	2320	N	Paragneiss	1252	1248	9.13	700760	154010
61	IN-5	Pos Pécian	Debris - Lobate	Inattivo	-	2330	N	Paragneiss	1252	704	3.25	701025	153980
62	IN-6	Terri	Talus - Lobate	Inattivo	-	2520	N	Calcescisti	1233	365	0.77	720550	163100
63	IN-7	Saltarescio	Talus - Lobate	Inattivo	-	2360	W	Micascisti	1253	1183	5.95	719040	156010
64	IN-8	Forca	Protalus Rampart	Inattivo	-	2540	SE	Micascisti	1253	438	1.11	719850	148500
65	IN-9	Gana Bianca I	Talus - Lobate	Inattivo	-	2560	NE	Micascisti	1253	760	3.27	719800	147700

Catasto (continuazione).

No.	ID	Nome	Tipo	Attività	Velocità InSAR	Quota fronte (m slm)	Orient.	Litologia	CN 1:25'000	Lungh. (m)	Area (ha)	Coord X	Coord Y
66	IN-10	Gana di Mulfòn	Talus - Lobate	Inattivo	-	2450	NW	Micascisti	1253	684	2.32	718250	147800
67	IN-11	Pjëi I	Talus - Tongue-S.	Inattivo	-	2340	S	Micascisti	1253	1722	16.60	718720	147400
68	IN-12	Cima Rossa	Talus - Lobate	Inattivo	-	2720	SW	Micascisti	1274	1154	6.11	726150	144360
69	IN-13	Pass de Ganàn	Talus - Lobate	Inattivo	-	2440	N	Ortogneiss	1274	1477	12.02	733515	137560
70	IN-14	Pizzo Predèlp II	Talus - Lobate	Inattivo	-	2300	N	Paragneiss	1252	739	2.18	704880	153430
71	IN-15	Barone II	Talus - Lobate	Inattivo	-	2300	N	Ortogneiss	1272	1008	4.61	701450	140150
72	IN-16	Pizzo del Sole III	Talus - Lobate	Inattivo	-	2500	NE	Paragneiss	1252	339	0.56	702460	153360
73	IN-17	Gallina I	Talus - Lobate	Inattivo	-	2700	S	Granito	1251	889	4.45	673350	149300
74	IN-18	Gallina II	Talus - Lobate	Inattivo	-	2640	SE	Granito	1251	473	1.34	673460	149000
75	IN-19	Rotondo I	Talus - Lobate	Inattivo	-	2260	S	Granito	1251	1192	7.88	678700	150650
76	IN-20	Rotondo II	Talus - Lobate	Inattivo	-	2550	S	Granito	1251	837	3.76	678720	150870
77	IN-21	Scheggia	Talus - Lobate	Inattivo	-	2280	N	Paragneiss	1252	736	2.58	693600	148750
78	IN-22	Passo di Ghiacciaione	Talus - Lobate	Inattivo	-	2600	N	Paragneiss	1272	1197	7.92	702260	143220
79	IN-23	Pizzo dei Merli	Talus - Lobate	Inattivo	-	2540	N	Paragneiss	1272	424	1.17	703820	143170
80	IN-24	Piodisc	Talus - Lobate	Inattivo	-	2670	E	Ortogneiss	1272	757	3.26	700210	140950
81	IN-25	Spiancri	Talus - Lobate	Inattivo	-	2260	N	Micascisti	1273	959	4.28	722470	133880
82	IN-26	Cristallina II	Talus - Lobate	Inattivo	-	2650	W	Paragneiss	1251	298	0.51	683990	146580
83	IN-27	Madone di Formazzora	Talus - Lobate	Inattivo	-	2450	N	Ortogneiss	1271	467	1.34	679540	135150
84	IN-28	Acqua Fredda	Talus - Lobate	Inattivo	-	2430	NW	Ortogneiss	1271	669	2.28	685165	142120
85	IN-29	Pulpito	Talus - Lobate	Inattivo	-	2270	NW	Ortogneiss	1271	936	4.71	684830	142020
86	IN-30	Pioda Rossa	Talus - Lobate	Inattivo	-	2680	S	Ortogneiss	1272	985	3.97	699720	142450
87	IN-31	Piatto di Röd	Talus - Lobate	Inattivo	-	2360	E	Ortogneiss	1272	455	1.53	690920	143110
88	IN-32	Martschenspitz	Talus - Lobate	Inattivo	-	2300	E	Paragneiss	1291	785	3.30	679100	131500
89	IN-33	Alpe Gelato	Talus - Lobate	Inattivo	-	2300	NE	Ortogneiss	1291	607	2.04	677580	122990
90	IN-34	Ganna del Pizzo Gelato	Talus - Lobate	Inattivo	-	2400	NE	Ortogneiss	1291	495	1.41	677950	122550
91	IN-35	Ganna del Pizzo Stanga	Talus - Lobate	Inattivo	-	2260	NE	Ortogneiss	1291	749	3.01	678450	122480
92	RE-1	Poncione di Nara I	Talus - Lobate	Relitto	-	1980	SW	Paragneiss	1253	843	2.97	709185	148530
93	RE-2	Poncione di Nara II	Talus - Lobate	Relitto	-	1980	SW	Paragneiss	1253	1992	13.66	709220	148350
94	RE-3	Pizzo di Nara	Protalus Rampart	Relitto	-	2060	W	Paragneiss	1253	827	4.61	709660	148300
95	RE-4	Gane di Laghetto	Talus - Lobate	Relitto	-	2080	NE	Paragneiss	1253	1074	7.84	709800	147650
96	RE-5	Cambra	Talus - Lobate	Relitto	-	1930	E	Paragneiss	1253	1406	9.22	710250	147500
97	RE-6	Passo dei Laghetti	Talus - Lobate	Relitto	-	2100	N	Paragneiss	1273	577	2.35	712450	143250
98	RE-7	Croce di Sasso	Talus - Lobate	Relitto	-	1880	E	Paragneiss	1273	1938	17.86	713000	142800
99	RE-8	Pianca del Drus	Talus - Lobate	Relitto	-	1800	NE	Paragneiss	1273	1801	13.05	713920	142100
100	RE-9	Cogn	Talus - Lobate	Relitto	-	1870	E	Paragneiss	1273	1412	9.57	714300	141670
101	RE-10	Matro	Talus - Lobate	Relitto	-	1900	NE	Paragneiss	1273	1450	10.65	714350	141450
102	RE-11	Supra Bolla	Talus - Lobate	Relitto	-	2300	W	Micascisti	1253	804	3.56	718650	155350
103	RE-12	Cima Sgiu I	Protalus Rampart	Relitto	-	2220	SE	Micascisti	1253	247	0.39	717770	154050
104	RE-13	Cima Sgiu II	Talus - Lobate	Relitto	-	2200	NE	Micascisti	1253	719	2.42	717770	153950
105	RE-14	Colma I	Talus - Lobate	Relitto	-	2170	N	Micascisti	1253	1043	5.67	717950	153750
106	RE-15	Colma II	Talus - Lobate	Relitto	-	2170	SE	Micascisti	1253	830	3.09	718120	153350
107	RE-16	Forca di Pinadee	Talus - Lobate	Relitto	-	2160	E	Micascisti	1253	1824	15.43	718650	152800
108	RE-17	Cima di Pinadee I	Talus - Lobate	Relitto	-	2240	NE	Micascisti	1253	778	3.65	718540	152430
109	RE-18	Cima di Pinadee II	Talus - Lobate	Relitto	-	2220	E	Micascisti	1253	1250	7.95	718680	152300
110	RE-19	Furnei	Talus - Lobate	Relitto	-	2200	NW	Micascisti	1253	1078	6.35	719800	153580
111	RE-20	Quarnei	Talus - Tongue-S.	Relitto	-	2050	E	Micascisti	1253	2724	27.50	721550	148700
112	RE-21	Ürbell	Protalus Rampart	Relitto	-	2080	W	Micascisti	1253	547	1.94	721940	148300
113	RE-22	Corte di Cima	Debris - Lobate	Relitto	-	2120	NE	Micascisti	1253	654	2.31	721200	147150
114	RE-23	Guald I	Talus - Lobate	Relitto	-	2020	NE	Paragneiss	1253	1428	10.74	722050	146850
115	RE-24	Guald II	Talus - Lobate	Relitto	-	1910	NE	Paragneiss	1253	1598	8.58	721950	146200
116	RE-25	Sceru I	Talus-Debris Tongue-Shaped	Relitto	-	1975	NE	Paragneiss	1253 - 1273	4441	45.39	721680	145850
117	RE-26	Sasso di Luzzone	Protalus Rampart	Relitto	-	2070	N	Paragneiss	1273	662	1.90	721200	145800
118	RE-27	Sceru II	Talus - Lobate	Relitto	-	2190	NE	Paragneiss	1273	1957	14.84	722350	145500
119	RE-28	Trusvalt	Talus - Lobate	Relitto	-	1900	E	Paragneiss	1273	1213	4.38	721700	145400
120	RE-29	Luzzone	Talus - Lobate	Relitto	-	2150	E	Paragneiss	1273	1220	6.70	719030	145500
121	RE-30	Lavill I	Protalus Rampart	Relitto	-	2040	NW	Paragneiss	1273	698	2.64	718850	145320
122	RE-31	Lavill II	Talus - Lobate	Relitto	-	2050	W	Micascisti	1273	315	0.59	720050	144000
123	RE-32	Prou	Talus - Lobate	Relitto	-	2040	S	Micascisti	1273	419	1.12	725500	139750
124	RE-33	Padella	Talus - Lobate	Relitto	-	2140	N	Paragneiss	1274	2087	11.90	720800	136240
125	RE-34	Airoid	Talus - Lobate	Relitto	-	1880	N	Paragneiss	1273	1010	5.37	721550	135900
126	RE-35	Pizzo Magn	Talus - Lobate	Relitto	-	1960	NE	Micascisti	1273	1249	7.34	722744	136250
127	RE-36	Alpe d'Albèa	Protalus Rampart	Relitto	-	1820	NW	Micascisti	1273	1371	6.86	723350	135100
128	RE-37	Alpe di Cava	Talus - Lobate	Relitto	-	1900	NE	Micascisti	1273	2609	29.23	723150	134650
129	RE-38	Alpe di Lago I	Talus - Lobate	Relitto	-	2010	N	Trias	1252	1356	11.11	694015	155040
130	RE-39	Alpe di Lago II	Protalus Rampart	Relitto	-	2030	N	Trias	1252	548	1.83	693670	155190
131	RE-40	Gariói	Talus - Lobate	Relitto	-	2230	NW	Trias	1252	1333	5.23	696655	156685
132	RE-41	Poncioni Negri	Talus - Lobate	Relitto	-	2110	W	Trias	1252	1692	15.86	696160	157140
133	RE-42	Lago di Dentro	Protalus Rampart	Relitto	-	2300	W	Trias	1252	765	3.94	699770	156280
134	RE-43	Pianon de Cascinarsa I	Talus - Lobate	Relitto	-	2110	E	Paragneiss	1274	541	1.66	727340	137220
135	RE-44	Pianon de Cascinarsa II	Talus - Lobate	Relitto	-	2130	E	Paragneiss	1274	972	5.91	727525	137620

Catasto (continuazione).

No.	ID	Nome	Tipo	Attività	Velocità InSAR	Quota fronte (m slm)	Orient.	Litologia	CN 1:25'000	Lungh. (m)	Area (ha)	Coord X	Coord Y
136	RE-45	Buffalora	Talus - Lobate	Relitto	-	2100	NW	Paragneiss	1274	809	4.40	732280	134710
137	RE-46	Cima d'Aion	Protalus Rampart	Relitto	-	2010	NE	Paragneiss	1294	1138	7.18	733240	133750
138	RE-47	Cima del Palo	Talus - Lobate	Relitto	-	1940	N	Paragneiss	1274	1526	7.62	734665	136050
139	RE-48	Passo Campolungo	Talus - Lobate	Relitto	-	2140	NE	Paragneiss	1252	1386	9.06	697710	146930
140	RE-49	Pizzo Prévât	Talus - Lobate	Relitto	-	2220	NE	Paragneiss	1252	775	3.34	697940	146700
141	RE-50	Morghirolo	Talus - Lobate	Relitto	-	1980	S	Paragneiss	1252	1292	9.99	699900	145830
142	RE-51	Pian Grande	Protalus Rampart	Relitto	-	2100	S	Paragneiss	1252	433	1.40	700460	146120
143	RE-52	Motta in Cö	Talus - Lobate	Relitto	-	1760	N	Paragneiss	1252	3551	57.89	700000	146660
144	RE-53	Pecore	Debris - Lobate	Relitto	-	2300	S	Paragneiss	1251	556	1.62	677320	148860
145	RE-54	Maniò I	Debris - Lobate	Relitto	-	2100	S	Paragneiss	1251	797	3.61	677820	149000
146	RE-55	Maniò II	Talus - Lobate	Relitto	-	2080	S	Paragneiss	1251	1693	19.22	678200	149380
147	RE-56	Vinei	Talus - Lobate	Relitto	-	2240	E	Paragneiss	1251	672	2.26	683470	153680
148	RE-57	Ganone	Talus - Lobate (deformato da avanzata glaciale)	Relitto	-	2220	N	Paragneiss	1251-1271	3543	28.19	679220	146350
149	RE-58	Lago di Ravina I	Talus - Lobate	Relitto	-	1900	N	Paragneiss	1252	1418	9.46	691780	150000
150	RE-59	Lago di Ravina II	Talus - Lobate	Relitto	-	1900	N	Paragneiss	1252	1519	7.97	691920	150300
151	RE-60	Barbugheira	Talus - Lobate	Relitto	-	2170	NE	Paragneiss	1252	569	1.85	697300	148220
152	RE-61	Giubine	Talus - Lobate	Relitto	-	2290	NE	Paragneiss	1272	1381	9.39	698550	144670
153	RE-62	Moncucco	Talus - Lobate	Relitto	-	2400	S	Paragneiss	1272	946	4.35	703729	142752
154	RE-63	Motte Alte	Talus - Lobate	Relitto	-	1940	SE	Paragneiss	1272	2066	18.60	704750	143310
155	RE-64	Pizzo Forno II	Talus - Lobate	Relitto	-	2520	S	Paragneiss	1272	515	1.45	703180	142940
156	RE-65	Ragàda	Talus - Lobate	Relitto	-	1540	NE	Ortogneiss	1272	740	2.96	703209	140330
157	RE-66	Afata	Talus - Lobate	Relitto	-	1900	N	Ortogneiss	1273	895	4.24	708210	138420
158	RE-67	Cazzane	Talus - Lobate	Relitto	-	1860	N	Ortogneiss	1313	942	5.48	716540	121080
159	RE-68	Albagnò	Talus - Lobate	Relitto	-	1900	N	Ortogneiss	1313	747	3.55	716940	120830
160	RE-69	Fornone	Talus - Lobate	Relitto	-	2180	N	Paragneiss	1293	454	1.22	724860	132470
161	RE-70	Piatto di Cransunasc I	Talus - Lobate	Relitto	-	1840	NE	Ortogneiss	1291	882	5.24	685970	132950
162	RE-71	Piatto di Cransunasc II	Talus - Lobate	Relitto	-	1730	N	Ortogneiss	1291	799	2.95	686500	133010
163	RE-72	Orsalletta I	Talus - Lobate	Relitto	-	1900	N	Ortogneiss	1291	601	2.08	684250	133530
164	RE-73	Orsalletta II	Talus - Lobate	Relitto	-	1850	N	Ortogneiss	1291	726	2.22	684030	133630
165	RE-74	Mott I	Talus - Lobate	Relitto	-	2080	NE	Ortogneiss	1271	914	4.19	682290	138500
166	RE-75	Mott II	Talus - Lobate	Relitto	-	2020	NE	Ortogneiss	1271	808	3.72	682512	138400
167	RE-76	Starlaresc	Talus - Lobate	Relitto	-	2340	SE	Paragneiss	1271	1054	6.99	686650	145150
168	RE-77	Cröis	Talus - Lobate	Relitto	-	1860	N	Ortogneiss	1271	660	2.03	688550	139980
169	RE-78	Brünesc I	Talus - Lobate	Relitto	-	1970	NE	Paragneiss	1272	922	4.24	691020	137550
170	RE-79	Brünesc II	Debris - Lobate	Relitto	-	1820	N	Paragneiss	1272	988	4.11	691350	137800
171	RE-80	Brünesc III	Talus - Lobate	Relitto	-	1870	NE	Paragneiss	1272	562	1.71	691690	137730
172	RE-81	Redorta I	Talus - Lobate	Relitto	-	2040	W	Ortogneiss	1272	742	2.83	698830	135870
173	RE-82	Redorta II	Talus - Lobate	Relitto	-	2150	W	Ortogneiss	1272	537	1.91	699000	136000
174	RE-83	Sasso Bianco	Talus - Lobate	Relitto	-	2180	W	Paragneiss	1272	895	4.12	695980	144900
175	RE-84	Sassada	Talus - Lobate	Relitto	-	2400	S	Paragneiss	1252	437	1.27	696370	147430
176	RE-85	Fornarelli	Talus - Lobate	Relitto	-	2410	S	Paragneiss	1252	448	1.27	695520	147590
177	RE-86	Massari I	Talus - Lobate	Relitto	-	2100	W	Paragneiss	1252	1159	4.60	695260	146860
178	RE-87	Massari II	Talus - Lobate	Relitto	-	2070	W	Paragneiss	1252	409	0.82	695030	146620
179	RE-88	Scheggia	Talus - Lobate	Relitto	-	2140	W	Paragneiss	1252	601	2.03	694500	147680
180	RE-89	Passo Sassello	Talus - Lobate	Relitto	-	2210	S	Paragneiss	1252	445	1.35	691870	149180
181	RE-90	Pizzo di Röd I	Talus - Lobate	Relitto	-	2320	S	Ortogneiss	1272	683	2.97	690640	144890
182	RE-91	Pizzo di Röd II	Protalus Rampart	Relitto	-	2300	S	Ortogneiss	1272	387	0.87	690960	144840
183	RE-92	Tirz I	Talus - Lobate	Relitto	-	2180	N	Ortogneiss	1272	395	1.09	692050	144880
184	RE-93	Tirz II	Talus - Lobate	Relitto	-	2080	E	Ortogneiss	1272	796	2.72	692400	144800
185	RE-94	Herli I	Talus - Lobate	Relitto	-	2260	S	Paragneiss	1291	594	2.20	680130	132220
186	RE-95	Herli II	Talus - Lobate	Relitto	-	2390	S	Paragneiss	1291	729	2.61	680640	132380
187	RE-96	Herli III	Talus - Lobate	Relitto	-	2400	S	Paragneiss	1291	616	2.11	680850	132300
188	RE-97	Rossboda	Talus - Lobate	Relitto	-	2230	E	Paragneiss	1291	566	1.64	677800	129690
189	RE-98	Tirman	Talus - Lobate	Relitto	-	1860	NE	Ortogneiss	1291	331	0.65	680550	122280
190	RE-99	Grosshorn	Talus - Lobate	Relitto	-	1800	N	Paragneiss	1291	288	0.49	680100	128800
191	RE-100	Wyss Gufar	Talus - Lobate	Relitto	-	1900	N	Paragneiss	1291	830	3.40	682358	128960
192	RE-101	Alpe di Spluga I	Talus - Lobate	Relitto	-	1920	E	Paragneiss	1292	672	3.03	694820	130080
193	RE-102	Alpe di Spluga II	Talus - Lobate	Relitto	-	1900	E	Paragneiss	1292	472	1.04	694760	130020
194	RE-103	Alpe di Spluga III	Talus - Lobate	Relitto	-	1810	E	Paragneiss	1292	542	1.15	694170	129870
195	RE-104	Molinera I	Talus - Lobate	Relitto	-	2010	NE	Ortogneiss	1291	951	4.07	687390	124740
196	RE-105	Molinera II	Talus - Lobate	Relitto	-	1870	NE	Ortogneiss	1291	1360	8.46	687750	124640
197	RE-106	Molinera III	Talus - Lobate	Relitto	-	1880	NE	Ortogneiss	1291	696	2.57	687880	124550
198	RE-107	Lago d'Alzasca	Talus - Lobate	Relitto	-	1860	N	Ortogneiss	1291	815	3.39	688670	124230
199	RE-108	Böcc di Rochett	Talus - Lobate	Relitto	-	1810	NE	Ortogneiss	1291	1152	6.88	698050	124140
200	RE-109	Passo del Cocco	Talus - Lobate	Relitto	-	2090	E	Ortogneiss	1292	359	0.55	696590	132590
201	RE-110	Corte di Starlaresc	Talus - Lobate	Relitto	-	1860	N	Ortogneiss	1292	1036	5.93	703060	125350
202	RE-111	Alpe Bardughé	Talus - Lobate	Relitto	-	1640	S	Ortogneiss	1293-1313	952	5.33	710670	121950
203	RE-112	Alpe Mugaglia	Talus - Lobate	Relitto	-	1700	N	Ortogneiss	1292	839	3.07	700920	133380